

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-233945  
 (43)Date of publication of application : 05.09.1995

(51)Int.Cl. F23R 3/28  
 F02C 9/28  
 F23R 3/06  
 F23R 3/30  
 F23R 3/34

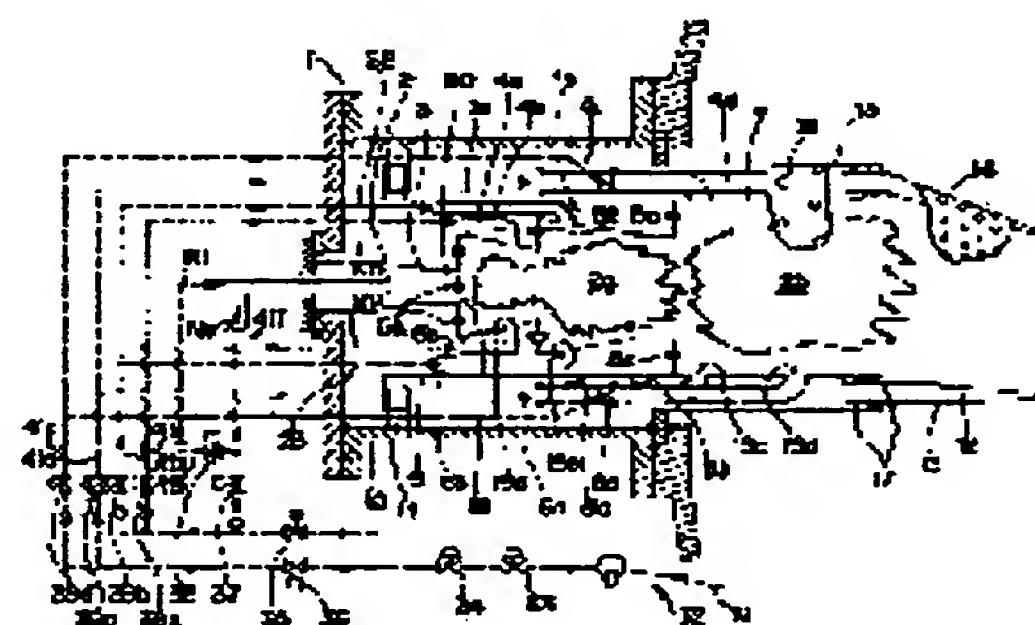
(21)Application number : 06-026953 (71)Applicant : TOSHIBA CORP  
 (22)Date of filing : 24.02.1994 (72)Inventor : MAEDA FUKUO  
 SATO YUZO  
 IWAI YASUNORI

## (54) COMBUSTION EQUIPMENT OF GAS TURBINE AND CONTROLLING METHOD OF COMBUSTION THEREOF

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain characteristics of exhaust of low NO<sub>x</sub> of specific ppm or below in the range of full load of a gas turbine which have not been able to attain so far by a conventional dry type low-NO<sub>x</sub> combustor in a process of making combustors be of high temperature and low NO<sub>x</sub>.

**CONSTITUTION:** Combustion parts 2a and 2b in a plurality of stages which are disposed with some interval in the direction of the axis of a combustor 1 of a gas turbine, a plurality of fuel supply systems 32 which are joined discretely to the individual combustion parts respectively, premixed fuel supply parts 4a and 4b and fuel supply parts 6a and 6b for diffused combustion which are provided for the individual fuel supply systems respectively, and a control part which switches over these fuel supply parts and makes them supply only either a premixed fuel or a fuel for diffused combustion, are provided.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.09.1994

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2950720

[Date of registration] 09.07.1999

BEST AVAILABLE COPY

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

06.11.2000

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-233945

(43)公開日 平成7年(1995)9月5日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
F 23 R 3/28  
F 02 C 9/28  
F 23 R 3/06  
3/30

識別記号 A  
D  
C

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 7 OL (全 11 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-26953  
(22)出願日 平成6年(1994)2月24日

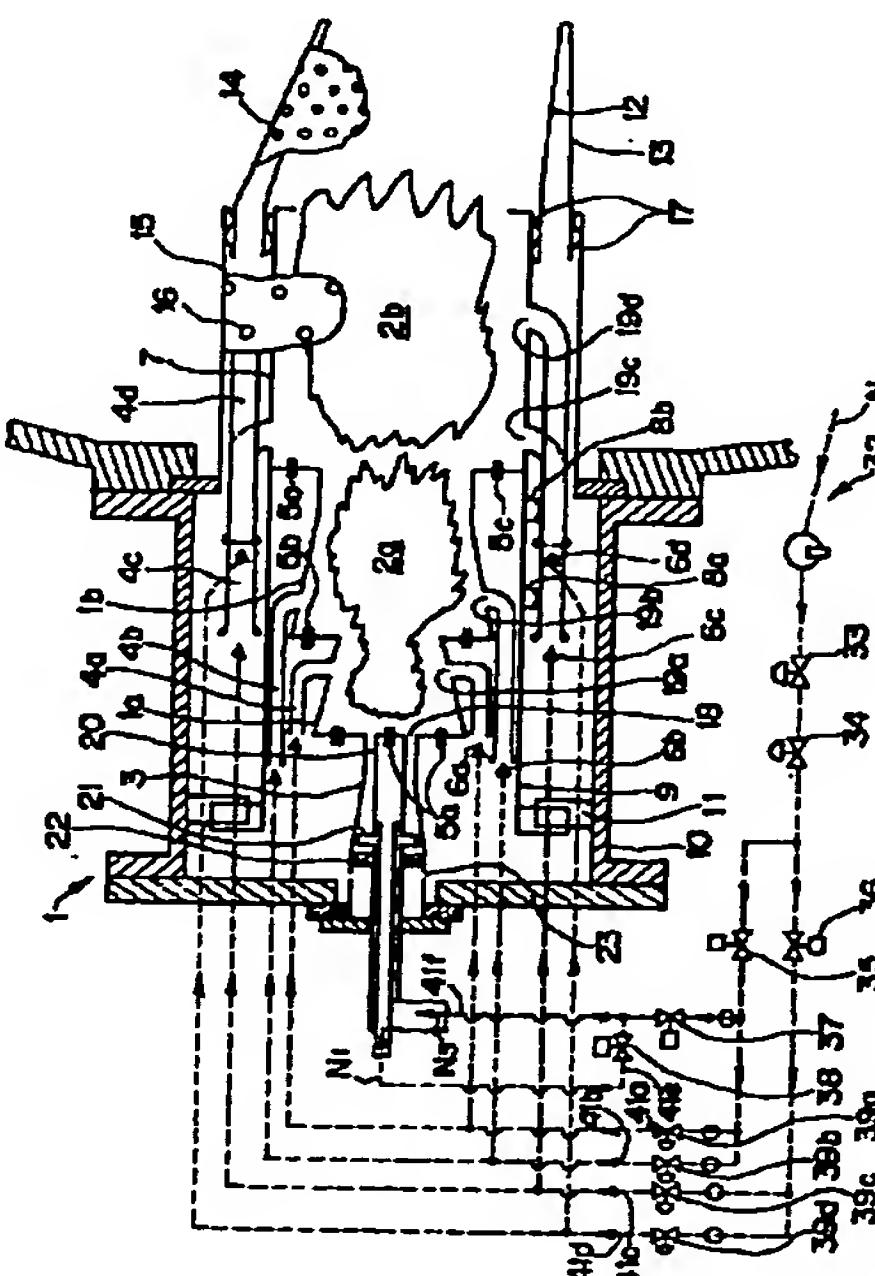
(71)出願人 000003078  
株式会社東芝  
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
(72)発明者 前田 福夫  
神奈川県横浜市鶴見区末広町2の4 株式  
会社東芝京浜事業所内  
(72)発明者 佐藤 雄三  
神奈川県横浜市鶴見区末広町2の4 株式  
会社東芝京浜事業所内  
(72)発明者 岩井 保憲  
神奈川県横浜市鶴見区末広町2の4 株式  
会社東芝京浜事業所内  
(74)代理人 弁理士 波多野 久 (外1名)

(54)【発明の名称】 ガスタービン燃焼装置およびその燃焼制御方法

(57)【要約】

【目的】燃焼器の高温化や低NO<sub>x</sub>化に伴ない従来のドライ型低NO<sub>x</sub>燃焼器では達成し得なかつたガスタービン全負荷範囲における10ppm以下 の低NO<sub>x</sub>排出特性を有する。

【構成】ガスタービンの燃焼器1の軸方向に間隔的に配置された複数段の燃焼部2a, 2bと、この各燃焼部にそれぞれ独立的に連結された複数の燃料供給系統3aと、この各燃料供給系統にそれぞれ設けられた予混合燃料供給部4a, 4bおよび拡散燃焼用燃料供給部6a, 6bと、これら各燃料供給部を切換え予混合燃料または拡散燃焼用燃料のいずれか一方のみ燃料供給を行なわせる制御装置42とを備えたものである。



1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガスタービンの燃焼器の軸方向に間隔的に配置された複数段の燃焼部と、この各燃焼部にそれぞれ独立的に連結された複数の燃料供給系統と、この各燃料供給系統にそれぞれ設けられた予混合燃料供給部および拡散燃焼用燃料供給部と、これら各燃料供給部を切換える予混合燃料または拡散燃焼用燃料のいずれか一方の燃料供給のみを行なわせる制御装置とを備えたことを特徴とするガスタービン燃焼装置。

【請求項2】 請求項1記載の装置を用い、第1段の燃焼部で予混合燃料をバイロット火炎または着火装置によって燃焼させ、第2段以降の予混合燃料の燃焼は順次、前段の予混合燃料の燃焼による高温ガスによって着火することにより行なわせることを特徴とするガスタービン燃焼装置の燃焼制御方法。

【請求項3】 請求項1に記載のガスタービン燃焼装置において、第1段の燃焼部への燃料供給系統は2系統に分割されており、そのうちの1系統は拡散燃焼用燃料ノズルに接続され、残りの1系統は予混合燃料用ノズルに接続され、運転中に拡散燃焼から連続的に予混合燃焼へ切換える可能とされていることを特徴とするガスタービン燃焼装置。

【請求項4】 請求項2に記載のガスタービン燃焼器の燃焼制御方法において、第1段から第5段への予混合燃料は、それぞれ独立にガスタービン負荷の上昇と共に第1、第2、第3、第4、第5段燃料の順にシリーズ供給して燃焼させ、ガスタービン負荷の減少のときは負荷上昇時と反対に第5、第4、第3、第2、第1段の順にそれぞれ燃料を減少させ、負荷遮断のときは第4段、第5段の燃料のみ供給停止させることを特徴とするガスタービン燃焼装置の燃焼制御方法。

【請求項5】 請求項2に記載のガスタービン燃焼器の燃焼制御方法において、第1段から第5段のそれぞれの予混合燃料は、ガスタービン負荷を従属変数とする燃料流量関数によって規定し、この燃料流量関数の負荷に対する最適な組合せを記憶した演算器からの信号により燃料供給装置を用いて燃料供給することを特徴とするガスタービン燃焼装置の燃焼制御方法。

【請求項6】 請求項1に記載のガスタービン燃焼装置において、燃焼室を構成する内筒および尾筒の外周側を覆うフロースリーブを設け、このフロースリーブに多数の孔をあけ、この多数の孔から噴出する燃焼空気噴流を内筒および尾筒の外面に衝突させて内筒および尾筒のメタルを冷却する構造とし、前記内筒および尾筒の壁面メタル冷却のために燃焼器内部に空気を流入させて冷却するフィルム冷却用の冷却空気孔総開口面積を燃焼空気流入用の総開口面積の20%以下に設定したことを特徴とするガスタービン燃焼装置。

【請求項7】 請求項1に記載のガスタービン燃焼装置において、第1段から第5段の予混合燃料が燃焼する燃

焼領域に、着火可能な着火エネルギーを与えるマイクロバーナ、電気ヒータによる加熱ロッド、電気、磁気エネルギーまたはプラズマ等による助燃または点火装置を設けたことを特徴とするガスタービン燃焼装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、ガスタービンプラントやコンパインドプラント等に使用されるガスタービン燃焼器に係り、特にガスタービン排気中に含まれるNO<sub>x</sub>濃度の低減を図ったガスタービン燃焼装置およびその燃焼制御方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 ガスタービンプラントやコンパインドプラント等において使用されているガスタービンは高効率化のため、その作動条件が高温、高圧力となり、NO<sub>x</sub>を増大させる傾向にある。NO<sub>x</sub>生成要因は種々考えられるが、火炎温度が支配的であり、NO<sub>x</sub>低減法の要点は、いかにして火炎温度を低下するかにある。

【0003】 従来多用されている最も簡単なNO<sub>x</sub>低減対策は、燃焼器内の高温燃焼領域に蒸気噴射や水噴射を行ない、燃焼時の火炎温度を低下させる方法である。この方法は実施が簡便で優れた手法であるが、蒸気や水を多量に使用すること、蒸気や水の使用は結果としてプラント効率を低下させ高効率化志向に逆行すること、燃焼器内への多量の蒸気や水の噴射は燃焼振動等を増大させ燃焼器の寿命を低下させること、等の欠点がある。

【0004】 そこで近年、蒸気噴射や水噴射に代わる火炎温度の低下方法として、燃料と燃焼用空気とを燃料稀薄条件で予混合して燃焼させる、いわゆるドライ型の予混合多段稀薄燃焼法が開発され、蒸気噴射や水噴射と同等のレベルのNO<sub>x</sub>低減が可能になっている。

【0005】 この予混合多段稀薄燃焼法においては、予混合燃焼の欠点である狭い燃焼範囲をカバーするため、広い燃空比範囲で安定した燃焼の可能な拡散燃焼火炎を併用した火炎構造を採用している。また、燃焼器内の空気配分を負荷運転中に変更し、燃焼後の平均ガス温度を上昇させて火炎の安定化を図る燃空比制御法等も採用している。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 予混合多段稀薄燃焼法や燃空比制御法を用いるドライ型の燃焼器によれば、一定の成果が得られているが、以下に述べるような改良すべき問題がある。

【0007】 図12は、ガスタービン負荷とNO<sub>x</sub>発生量との関係を示した特性図である。同図に示すように、蒸気や水の噴射型燃焼器のNO<sub>x</sub>特性aに対し、ドライ型低NO<sub>x</sub>燃焼器のNO<sub>x</sub>排出特性bは、ガスタービン負荷d～eに対してかなり低減されているが、低負荷側c～dの領域では問題がある。すなわち、低負荷領域でのNO<sub>x</sub>低減のため従来では燃料系統を多段化し、NO

3

$x$ 特性 $b$ の一部を一点鎖線 $f$ で示す低 $\text{NO}_x$ 特性に変更し、 $\text{NO}_x$ の低減化への改良を実施してきた。

【0008】しかし、ガスタービンの全負荷範囲である負荷 $c$ から定格負荷 $e$ までにおいて、理論的に可能な最低の $\text{NO}_x$ 特性 $g$ にマージンをみて設定可能な $\text{NO}_x$ 目標値特性 $h$ に対し、 $\text{NO}_x$ 特性（例えば特性 $b$ ）が、かなり高くなっている。

【0009】すなわち、拡散火炎に支えられた予混合火炎によって安定燃焼を維持する従来のドライ型低 $\text{NO}_x$ 燃焼器の $\text{NO}_x$ 特性 $j$ は、図13に示すように、拡散火炎用の燃料流量割合にほぼ反比例する。

【0010】したがって、 $\text{NO}_x$ をさらに低減するためには拡散燃料流量割合ができるだけ小さくすることが望ましいが、従来のドライ低 $\text{NO}_x$ 燃焼器の構成および形状では、図14に示すように、最も小さい拡散燃焼流量割合は、各ガスタービン負荷で $\text{CO}$ 制限値 $k$ をクリアできる拡散燃料流量割合 $l$ で決まっており、 $l$ より小さい拡散燃料流量割合にすると $\text{CO}$ （またはTHC等）が増大し、燃焼効率の低下や燃焼振動の増大により安定な運転が不可能となり、さらに小さい拡散燃料流量割合 $m$ 以下にすると失火する問題があった。このため、安定燃焼や失火防止のため、拡散燃料流量割合を零まで減少して $\text{NO}_x$ を最小値まで低減することはできなかった。

【0011】また、 $\text{NO}_x$ は図15に示すように、予混合当量比 $\phi_P$ に強く依存する。 $\text{NO}_x$ 排出レベルを目標値（例えば10ppm）以下にする場合は、燃焼域予混合当量比 $\phi_P$ を同図の $n$ 未満にする必要がある。

【0012】また、図16に示すように、燃焼器の壁面冷却空気割合（同図の縦軸）は、燃焼器出口当量比 $\phi_P$ または燃焼器出口温度 $T_g$ と燃焼域予混合当量比 $\phi_P$ （同図横軸）とに一定の相互関係を有する。すなわち、図15に示すように $\text{NO}_x$ を目標値以下にするためには、 $\phi_P < n$ （図15のバラメータ $\phi_P$ に対応）にする必要があるため、燃焼器出口温度の上昇（または燃焼器出口当量比 $\phi_E$ の増大）と共に、図16に示したように、壁面冷却空気割合は減少する。低 $\text{NO}_x$ 化に対しては燃焼限界に近い小さな $\phi_P$ を選定する必要があり、さらに冷却空気は減少し、冷却が困難となる問題があった。

【0013】本発明はこれらの問題を解決するためになされたもので、燃焼器の高温化や低 $\text{NO}_x$ 化に伴ない従来のドライ型低 $\text{NO}_x$ 燃焼器では達成し得なかったガスタービン全負荷範囲における10ppm以下の低 $\text{NO}_x$ 排出特性を有するガスタービンの燃焼装置およびその燃焼制御方法を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明によるガスタービン燃焼装置は、ガスタービンの全負荷範囲で超低 $\text{NO}_x$ を実現することができる一方、これに伴って生ずる燃焼不安定を解決し、また高温化に伴って必要となる壁面冷

4

却を有効に行えるものである。

【0015】燃焼装置は、燃焼器内に予混合燃料を噴出する第1段から、最大第5段までの予混合燃料噴出口を有する燃焼部を備える。第1段から第5段までの予混合燃料噴出口は燃焼器軸方向（長さ方向）にそれぞれ一定の距離をおいて配置されている。第1段の予混合燃料系統は拡散燃焼用ノズルと予混合燃焼用ノズルの両方に接続され、これらのノズル切換えにより、どちらか一方のノズルにのみ燃料が供給できる構成になっている。また第1段の予混合燃料噴出口近傍には着火エネルギーを放出できる着火装置やバイロットバーナ等が設けられている。また第2段～第5段の予混合燃料噴出口近傍の燃焼領域にもバイロットバーナを具備できる構造になっている。燃焼器内筒と尾筒の外側には多数のインピング冷却用孔を有するフロースリーブが設置されている。また内筒のフィルム冷却用の冷却孔の総開口面積は、燃焼器に設けられた燃焼空気流入用の総開口面積の20%以下の構造となっている。

【0016】燃焼制御は、第1段～第5段の5系統の予混合燃料をそれぞれ独立に制御できる流量調整弁等を含む燃料供給装置と、これらの第1段～第5段の予混合燃料がガスタービン負荷を従属変数とするそれぞれの燃料流量関数1～5として記憶されている演算器との交信号によって行なわれる構造となっている。

【0017】

【作用】第1段の燃料は拡散燃焼用ノズルと予混合燃焼用ノズルのいずれからも噴射可能とされているが、最初に拡散燃焼用ノズルに100%の燃料として供給される。この燃料は第1段の予混合燃料噴出口近傍に設けられた着火装置またはバイロット火炎等により着火される。

【0018】着火後、第1段の燃料は拡散燃焼用ノズルから予混合燃焼用ノズルに切換えて供給し、これにより予混合燃焼状態にする。その後、第1段～第5段の予混合燃料をガスタービン負荷に対応した燃料流量関数に従って演算器からの指令により燃料供給装置から供給する。第2段の予混合燃料は第1段の予混合燃料の燃焼による高温ガスによって着火され燃焼し、第3段の予混合燃料は第1段と第2段の予混合燃料の燃焼した高温ガスの全体によって着火され燃焼される。同様に第4段、第5段の予混合燃料も上流段の予混合燃料の燃焼した高温ガスの総量によつて着火され燃焼し、第1段～第5段の予混合燃料が上流から下流に次々に火炎を拡大しながらシリーズ燃焼する。

【0019】したがって、第1段～第5段の燃焼は全て100%予混合燃焼とすることができます。なお、各段に供給される空気と燃料とが均一に混合された予混合燃料は、燃料稀薄条件に設定されており、それぞれの燃焼域で $\text{NO}_x$ が発生しない火炎温度、即ち1600°C以下で燃焼する。

5

【0020】この結果、燃焼器全域で1600℃以下で燃焼することになり、NO<sub>x</sub>が殆ど発生せず、超低NO<sub>x</sub>化が可能となる。

【0021】また、従来不安定になり易かった火炎は、上流から下流に次々に火炎を拡大しながらシリーズ燃焼する燃焼形態を採用し、上流の高温ガスとその中に含まれる化学活性基とで下流の未燃予混合ガスを活性化することにより燃焼し易くなり、結果として火炎が安定化する。すなわち、上述の第1段～第5段によるシリーズ燃焼の採用により、火炎の安定化と超低NO<sub>x</sub>化が共に可能になる。

【0022】なお、火炎の安定化の促進のため第2段～第5段の予混合燃料が燃焼する燃焼領域に、着火エネルギーを与えるパイロットバーナ、電気ヒータによる加熱ロッド、電気および磁気エネルギーによる助燃または点火装置を設けることも可能である。

【0023】また、第1段～第5段の予混合燃料には適量の空気が配分され、火炎温度が1600℃以下で燃焼するように燃料稀薄条件に設定されている。この場合、多数のインピング冷却用穴を有するフロースリーブを採用して内筒および尾筒の対流冷却を強化したことにより、フィルム冷却用の冷却空気を燃焼器に入る空気の20%以下に減少することが可能となり、冷却空気の減少分を燃焼用空気として再利用することで、燃料稀薄条件を設定するための適量の空気を確保することができる。

【0024】本発明における壁面冷却構造によれば、冷却空気を削減して予混合用の空気に配分することにより、燃料稀薄燃焼条件が実現できてNO<sub>x</sub>低減が可能となり、また上述のシリーズ燃焼形態の採用により、不安定火炎（燃料稀薄燃焼条件は燃焼温度が低いため火炎が不安定になり易い）を同時に解決し、結果としてガスターピンの全運転範囲で超低NO<sub>x</sub>で安定燃焼可能な燃焼が可能となる。

#### 【0025】

【実施例】以下、本発明に係るガスターピン燃焼装置の実施例を図面を参照して説明する。

【0026】図1は本実施例によるガスターピン燃焼装置の構成を示している。同図に示すように、燃焼器1は3段の燃焼部を有する第1の燃焼室2aと、2段の燃焼部を有する第2の燃焼室2bとを備えている。第1の燃焼室2aはガス流方向に沿う一対の小径内筒1a、1bを連結した構成とされている。上流側の小径内筒1aにはパイロットバーナ3、予混合装置4a、点火装置としての单一または複数のマイクロバーナ（電気ヒータによる加熱ロッドその他の電気、磁気エネルギー等を利用して着火エネルギーを放出する点火装置でもよい）5aを有する構成とされている。また、下流側の小径内筒1bは予混合装置4bおよび单一または複数のマイクロバーナ5bを有する構成とされている。各予混合装置4a、4bは予混合ダクトとして構成され、周方向に4～8個配列

10

されている。また予混合装置4a、4bの上流側の空気取入れ口には燃料ノズル6a、6bが配置されている。

【0027】第2の燃焼室2bは大径内筒7と予混合装置4c、4dおよび单一または複数のマイクロバーナ5cを有する構成とされている。予混合装置4c、4dは予混合ダクトとして構成され、周方向に4～8個配列されている。

【0028】また、予混合装置4c、4dの上流側には燃料ノズル6c、6dが配置されている。なお、予混合装置4a、4b、4c、4dはサポート8a、8b（一部のみ図示している）により、ダミー内筒9に固定されている。このダミー内筒9は、小径内筒1a、1bおよび大径内筒7に作用するストラスト力を受けるため、ケーシング10に付属したサポート11により軸方向位置が設定されている。

20

【0029】大径内筒7の下流には尾筒内壁12および尾筒外壁13が設けられ、尾筒外壁13には多数の冷却孔14が穿設されている。同様に、大径内筒7の外周側にはフロースリーブ15が配置され、このフロースリーブ15にも多数の冷却孔16が穿設されている。大径内筒7と尾筒内壁12、およびフロースリーブ15と尾筒外壁13との取合い部は、それぞれスプリングシール17で密封されている。

30

【0030】小径内筒1aの上流端部には第1段の予混合燃料噴出口18が設けられ、前述した各内筒1a、1b、7に設けられた予混合装置4a、4b、4c、4dの出口は、それぞれ第2段～第5段の予混合燃料噴出口19a、19b、19c、19dとされている。これら第2段～第5段の予混合燃料噴出口19a、19b、19c、19dは、燃焼器軸方向に沿ってシリーズ燃焼を適切に行うための所定の距離間隔で配置されている。これらの噴出口19a、19b、19c、19dから噴出する予混合燃料の噴出方向は、例えば燃焼器中心に向かって設定とされている。なお、図2に示すように、ガス流が旋回成分を有するように、噴出口を螺旋方向に設定することも可能である。

40

【0031】一方、パイロットバーナ3は、小径内筒1aの中心線に沿う拡散燃料ノズル20、予混合燃料ノズル21およびスワラ22を有する構成とされ、このパイロットバーナ3のスワラ22上流側周壁には多数の空気孔23が穿設されている。図3は燃焼状態を示しており、その作用については後述する。

50

【0032】図4はパイロットバーナ3の構成を詳細に示している。パイロット拡散燃料供給用のパイプ24の先端に噴出孔25が穿設されており、この噴出孔25とノズル先端26とが対面接近している。ノズル先端26には、拡散燃料吹出し用の噴出孔27、28が穿設されている。

【0033】また、ノズル先端26の中心部および逆流域29の近傍には、着火源となる前記のマイクロバー

7

ナ5aが設けられている。パイプ24の外周側には流路30が形成され、燃焼用空気と燃料との混合による予混合燃料が流路30先端の噴出口31から燃焼器内に噴出する構造となっている。

【0034】燃料供給系32は図1に示すように、燃料圧力調整弁33および燃料流量調整弁34を有し、各燃料ノズル6a～6dに対し、燃料が遮断弁35, 36、燃料流量調整弁37、分配弁38および燃料流量調整弁39a, 39b, 39c, 39dを介して供給される構成になっている。

【0035】図5は燃料供給装置の系統構成を示している。燃料Nは圧力調整弁33および流量調整弁34を経由して2系統に別れる。

【0036】一方の系統は、遮断弁36を経由した後2系路に分岐し、その分岐した一方の系路はさらに、流量計40aおよび流量調整弁39aを流れる系統41aと、流量計40bおよび流量調整弁39bを流れる系統41bとに別れている。分岐した他方の系路は、流量計40eおよび流量調整弁39eを経由し、さらに流量調整弁38を流れる系統41eと、別の系統41fとに別れる。

【0037】流量調整弁34を経由した他方の系統は、遮断弁35を経由し、さらに流量計40cおよび流量調整弁39cを流れる系統41cと、流量計40dおよび流量調整弁39dを流れる系統41dとに別れる。

【0038】これら全ての調整弁や遮断弁、流量計等から出力される信号S101, S102, S103, S104, S105、発電機51aの出力信号S106および負荷信号S107は演算器42にリンクされ、この演算器42に入力されているスケジュールにより負荷信号107に対応して制御される。なお、51bは脱硝装置、51cは煙突を示す。

【0039】次に作用を説明する。

【0040】まず、図3および図5によって空気の流れを説明する。図5に示すように、空気圧縮機50から噴出された高温高圧の空気A0の一部はタービン51の冷却に回り、その一部は図3における燃焼器用空気A1となる。燃焼用空気A1は尾筒の冷却孔14, 16を通して隙間52内に流入し、インピンジ噴流A2となり、尾筒内壁12および大径内筒7を対流により冷却する。

【0041】インピンジ噴流A2は、尾筒内壁12の部分と大径内筒7の部分においては燃焼器内部に流入せず、予混合装置(ダクト)4a, 4b, 4c, 4dにそれぞれ燃焼用空気A3, A4, A5, A6として流入し、またパイロットバーナ3に燃焼用空気孔23から燃焼用空気A7として流入し、また小径内筒1a, 1bのフィルム冷却空気A8となるように隙間52内で下流側に流れる。

【0042】次に、パイロットバーナ3における空気、燃料の流れを説明する。

8

【0043】図4において空気孔23から流入した燃焼用空気A7はスワラ22により角運動量を与えられ、旋回しながら噴出口31から小径内筒1aに流入する。図4の噴出口31は図2においては第1段の予混合燃料噴出口18に該当する。パイロット拡散燃料N1はパイプ24の最下流の孔25からジェット流として噴出してノズル先端26を赤熱しないように対流冷却し、噴出口27から拡散燃料N2となって小径内筒1aに流入し、例えば小径内筒1a周壁の着火器53により着火され、パイロット火炎F1を形成する。着火後演算器42からの信号S103により拡散燃料N1は予混合燃料N3に徐々に切り換わる。

【0044】予混合燃料N3は予混合燃料ノズル21からシャワー状に噴出される燃料N4となり、燃焼用空気A7と均一に予混合される。この予混合燃料N5は旋回しながら下流に流れるに従って增速し、乱流燃焼速度の2倍以上の流速となって、第1段の予混合燃料噴出口18(噴出口31)から小径内筒1aに流入する。このとき、燃料は乱流燃焼速度の2倍以上の流速となっているためパイロット火炎F1からの逆火を防止できる。燃料切り換え完了時点では、パイロット火炎F1は全て予混合混合燃料N3による100%予混合混合火炎となり、NOxの発生はほぼ零となる。

【0045】次に、燃焼器内筒における燃料の流れおよび燃焼法について説明する。

【0046】上述の方法により小径内筒1a内にまずパイロット火炎F1が形成される。この火炎F1はパイロット拡散燃料N1およびパイロット予混合燃料N3の配分組合せにより安定化されている。パイロット火炎F1の形成後、演算器42からの出力信号S103により流量制御された燃料は予混合装置4a内で空気と均一に混合され、第2段予混合燃料噴出口19aから予混合燃料N4となって小径内筒1aに流入する。

【0047】流入した予混合燃料N4は上流にあるパイロット火炎F1により着火燃焼され、予混合火炎F2を形成する。次に第3段予混合燃料N5は同様に、第3段予混合燃料噴出口19bより小径内筒1bに流入する。流入した予混合燃料N5は上流にあるパイロット火炎F1と予混合火炎F2の合算された総燃焼ガス量により着火・燃焼され、予混合火炎F3を形成する。第4段、第5段の予混合燃料N6, N7も第2, 3段と同様の過程により予混合火炎F4, F5を形成する。

【0048】ここで予混合火炎N1, N2, N3, N4, N5の火炎温度はNOxが生成しない燃焼温度(1600℃未満)になるように、燃料流量がそれぞれ演算器42により制御される。これにより、ガスタービン負荷に対するNOx特性1(図12参照)は、従来の低NOx燃焼器のNOx特性b(同図参照)と異なり、全負荷域において低レベルとなり、NOx目標値h(同図参照)を達成することができる。

【0049】火炎の安定化は上述のように、第1段～第5段の予混合燃料がそれぞれ上流の高温ガスによって次々に着火燃焼されて火炎が拡がる、いわゆる「シリーズ燃焼」の採用によって可能となるものである。

【0050】次に、燃焼器内筒等の冷却について説明する。

【0051】空気圧縮機50から燃焼器1に供給される空気の大部分は、尾筒外筒13およびフロースリーブ15に設けられたインピング冷却孔14, 16を通過し、インピング噴流A2となって尾筒内筒12および大径内筒7に衝突してその壁面を対流冷却する。

【0052】尾筒内筒13の部分では燃焼器内部に入らず、予混合装置4a, 4b, 4c, 4d用の燃焼空気A3, A4, A5, A6およびバイロットバーナ3の燃焼空気A7として燃焼器内部に流入する。

【0053】但し、第1の燃焼室2aに対応する小径内筒1a, 1bにおいては、燃焼用空気A1の20%未満の空気がフィルム冷却空気として使用され、燃焼器内部に流入して燃焼器内面を冷却する。すなわち、尾筒内筒12の部分では外面冷却のみでフィルム冷却空気として使用せず、結果として燃焼空気A3, A4, A5, A6, A7に転用している。これにより燃焼空気の増加が図れ、NOxが生成しない燃焼温度(1600°C未満)になる予混合燃空比に設定できる。このようにして低NOx化に寄与している。

【0054】上記の燃焼法を実現するため演算器42について説明する。

【0055】演算器42には、図10に示すように、第1段～第5段の燃料系統にそれぞれガスタービン負荷に対して第1段～第5段の予混合用燃料流量W1～W5が関数として入力されており、予混合用燃料流量W1～W5の合計が全燃料流量W0となる。演算器42からの信号S103等により、負荷信号S107に対して流量調整弁37, 39a, 39b, 39c, 39d等を用いて第1段～第5段の予混合燃料流量W1～W5はそれぞれ制御される。

【0056】負荷上昇の場合には、図11にそのフローチャートを示したように、第1段燃料切換え(ステップ1101)の後、各段の予混合燃料を順次に増加設定(ステップ1102～1105)すればよい。

【0057】負荷減少の場合には図11と逆に、第5段側から第2段側に燃料流量の減少設定を順に行うよう制御すればよい。ガスタービン負荷に対する空気流量Waは略一定であるため、全燃料流量W0の制御により燃焼器出口温度が決定される。

【0058】なお、図4に示すように、各内筒1a, 1b, 7の逆流領域近傍には小さな火炎を吹き出すマイクロバーナ5aを設けて、火炎安定化が有効に図れる。

【0059】なお、本発明に係るガスタービン燃焼装置は以上の実施例に限定されるものではない。本発明の変

形例を図6～図9に示している。

【0060】図6の変形例は、図1に示した燃料噴出口18, 19a, 19b, 19c, 19dを二重円筒で囲まれたアニュラス形状に変形したものである。すなわち、本例では燃焼用空気A10にラジアルスワラ60により角運動量が与えられ、それぞれ第1, 2, 3, 4, 5段燃料噴出口61a, 61b, 61c, 61d, 61eから円筒に流入するようになっている。燃料N10は図1の例と同様に、各噴出口に独立の燃料供給系により供給される。また、予混合火炎F1～F5も、第1～5段燃料噴出口61a～61eに対応して、内筒62内に軸方向に連続し、シリーズ燃焼が行われる。

【0061】図7の変形例は、バイロットバーナ63については図1の実施例と略同様であるが、第1燃焼室64aの下流側に位置する第2燃焼室64bに付属するマルチバーナタイプの円筒形状の予混合装置65が、軸方向に2個所、周方向に5～8個配列されている。また、予混合装置66内にはスワラ67が設けられ、短かい流路中でも均一な予混合が行えるようになっている。

【0062】本例においても前記同様に、上流側の火炎から順次にシリーズ燃焼が可能で、予混合火炎F11の形成が行え、NOxの発生を効果的に抑制できる。

【0063】図8および図9は、図1に示したマイクロバーナに対する変形例を示している。

【0064】図8の変形例ではマイクロバーナ5aが自己保炎により予混合燃焼可能な構成としたものである。即ち、本例では、予混合燃料噴出口18(19a….)の先端部を広口として渦流を発生させ、この部分で保炎用火炎70が形成されるようになっている。このような構成によれば、火炎の一層の安定化が図れる。なお、噴出口先端部には耐熱コーティング層71が形成されている。

【0065】図9の変形例は着火器を、電気エネルギーによって常時着火可能な温度まで昇温された高温部分80を有する加熱ロッド81によって構成したものである。本例でも予混合燃料噴出口18が広口とされ、これにより燃料Aのよどみ域82が形成されている。

【0066】なお、以上の実施例および変形例で示したガスタービン燃焼器はガス燃料や液体燃料を使用する種々のタイプのガスタービンに適用可能なことは勿論である。

#### 【0067】

【発明の効果】以上のように、本発明に係るガスタービン燃焼装置によれば、従来の問題点となっていた超稀薄燃焼条件の達成、火炎安定燃焼および燃焼器壁面冷却の同時ることが可能となり、結果として全運転範囲においてNOxを目標値以下(<10ppm)にすることができる。そして、NOx発生の大幅な削減により、脱硝装置の縮小または省略が図るとともに、アンモニア消費量の減少等も含めて運転経費削減等の経済効果も得られ、

11

さらに地球環境浄化にも寄与できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るガスタービン燃焼装置の一実施例を示す構成図。

【図2】前記実施例の部分側断面図。

【図3】前記実施例の作用を示す説明図。

【図4】前記実施例のバイロットバーナを示す拡大図。

【図5】前記実施例の燃料系統を示す系統図。

【図6】本発明の他の実施例を示す燃焼部の構成図。

【図7】本発明のさらに他の実施例を示す燃焼部の構成図。

【図8】前記実施例におけるマイクロバーナの変形例を示す図。

【図9】前記実施例のマイクロバーナに代る他の着火器を示す図。

【図10】前記実施例における演算器の制御特性を示すグラフ。

【図11】前記実施例の作用を示すフローチャート。

【図12】従来例を説明するためのNO<sub>x</sub>特性図。

【図13】従来例を説明するためのNO<sub>x</sub>特性図。

【図14】拡散燃料の流量割合に対するNO<sub>x</sub>, CO特性図。

【図15】燃焼域予混合当量比1.5に対するNO<sub>x</sub>の特性図。

【図16】壁面冷却割合と燃料の出口当量比との関係を示す特性図。

【符号の説明】

1 燃焼器

1 a, 1 b 小径内筒

2 a 第1段燃焼室

2 b 第2段燃焼室

3 バイロットバーナ

4 a, 4 b 予混合装置

5 a 点火装置

5 b, 5 c マイクロバーナ

6 a, 6 b 燃料ノズル

7 大径内筒

8 a, 8 b サポート

9 ダミー内筒

10 ケーシング

11 サポート11

12 尾筒内壁

13 尾筒外壁

14 冷却孔

15 フロースリーブ

17 スプリングシール

18 第1段の予混合燃料噴出口

19 a, 19 b, 19 c, 19 d 予混合燃料噴出口

20 拡散燃料ノズル

12

21 混合燃料ノズル

22 スワラ

23 空気孔

24 パイプ

25 噴出穴

26 ノズル先端

27, 28 噴出穴

30 流路

31 噴出口

32 燃料供給系

33 燃料圧力調整弁

34 燃料流量調整弁

35, 36 遮断弁

37 燃料流量調整弁

38 分配弁

39 a, 39 b, 39 c, 39 d 燃料流量調整弁

40 a, 40 b, 40 c, 40 d 流量計

41 a, 41 b, 41 c, 41 d 系統

42 演算器

20 50 空気圧縮機

51 タービン

52 隙間

60 ラジアルスワラ

61 a, 61 b, 61 c, 61 d, 61 e 第1~5段  
燃料噴出口

63 バイロットバーナ

64 b 第2燃焼室

65, 66 予混合装置

67 スワラ

30 70 高温部分

A2 インビンジ噴流

A3, A4, A5, A6 燃焼用空気

A7 燃焼用空気

A8 フィルム冷却空気

A10 燃焼空気

F1 バイロット火炎

F2, F3, F4, F5, F11 予混合火炎

N1 バイロット拡散燃料

N2 拡散燃料

40 N3 予混合燃料

N4 燃料

N5 第3段予混合燃料

N6 第4段予混合燃料

N7 第5段予混合燃料

N10 燃料

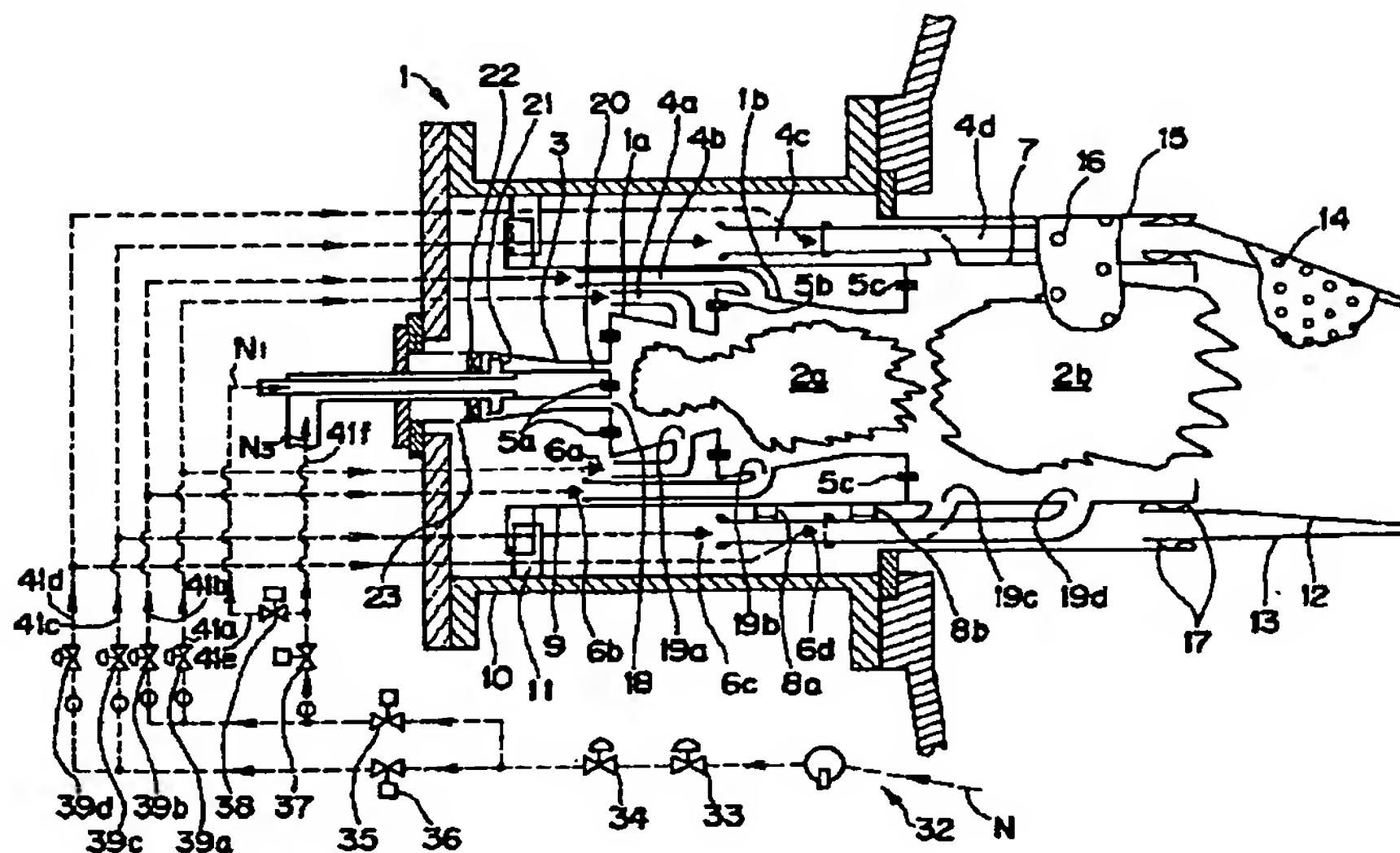
S107 負荷信号

W1~W5 第1段~第5段予混合用燃料流量

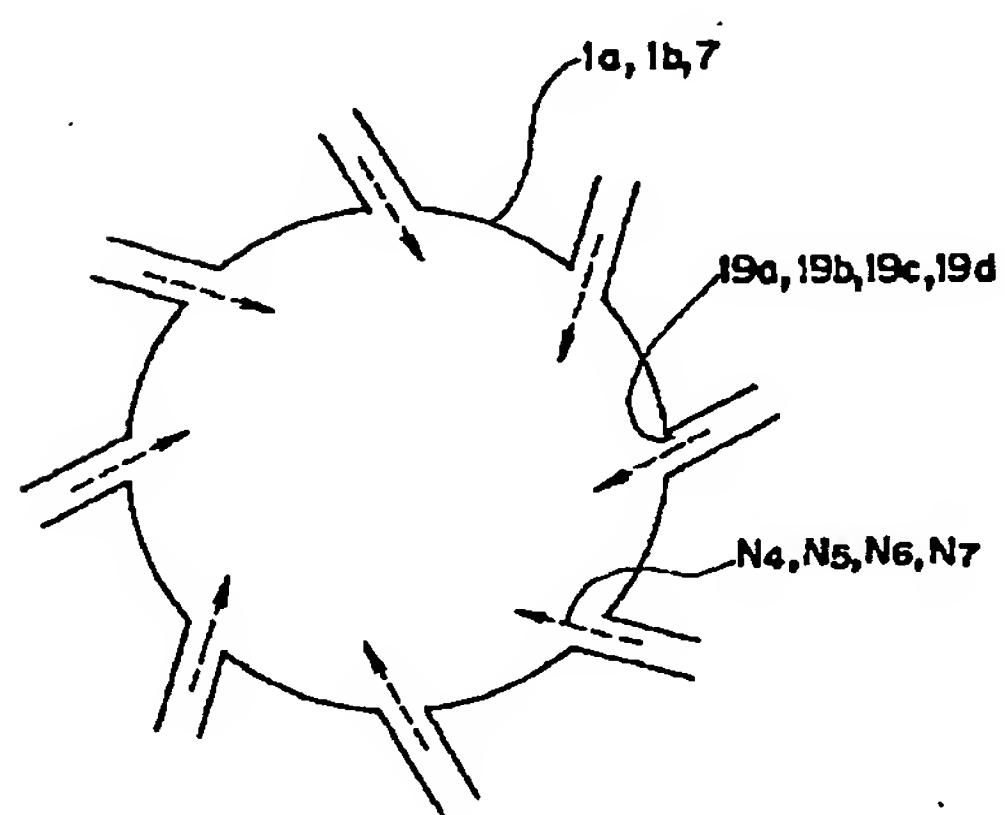
Wa 空気流量

W0 全燃料流量

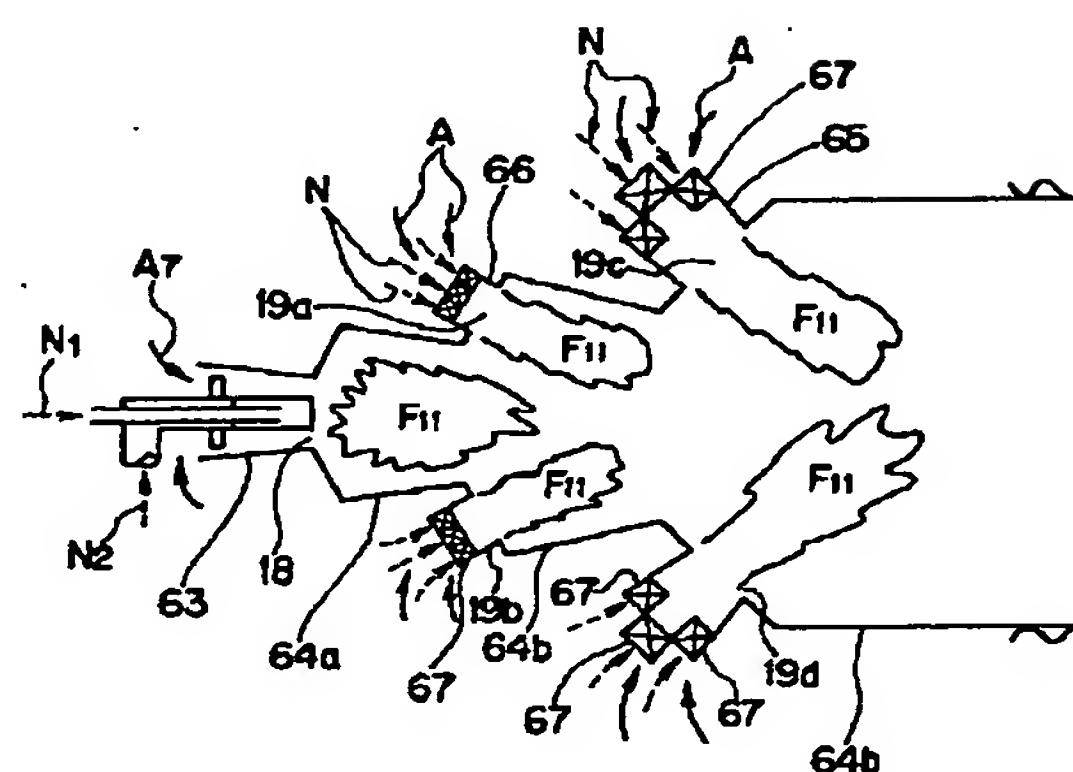
[ 1 ]



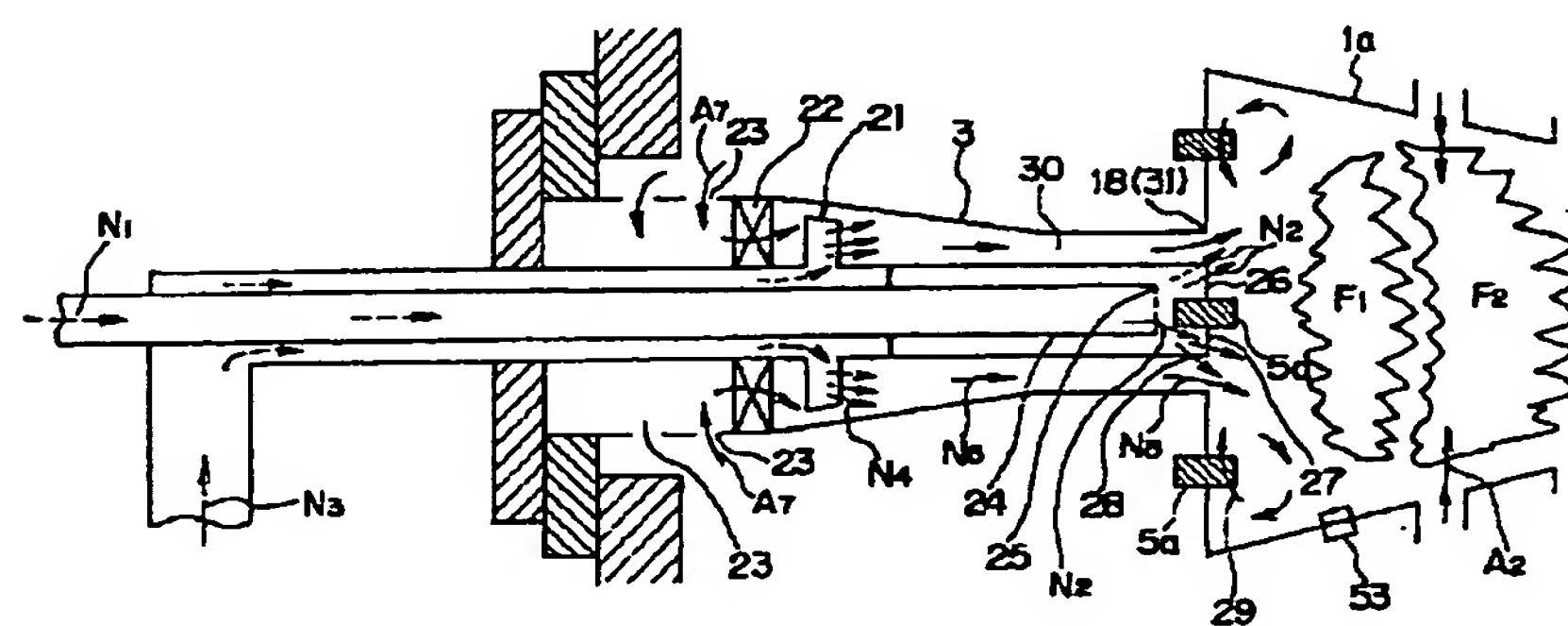
[☒ 2]



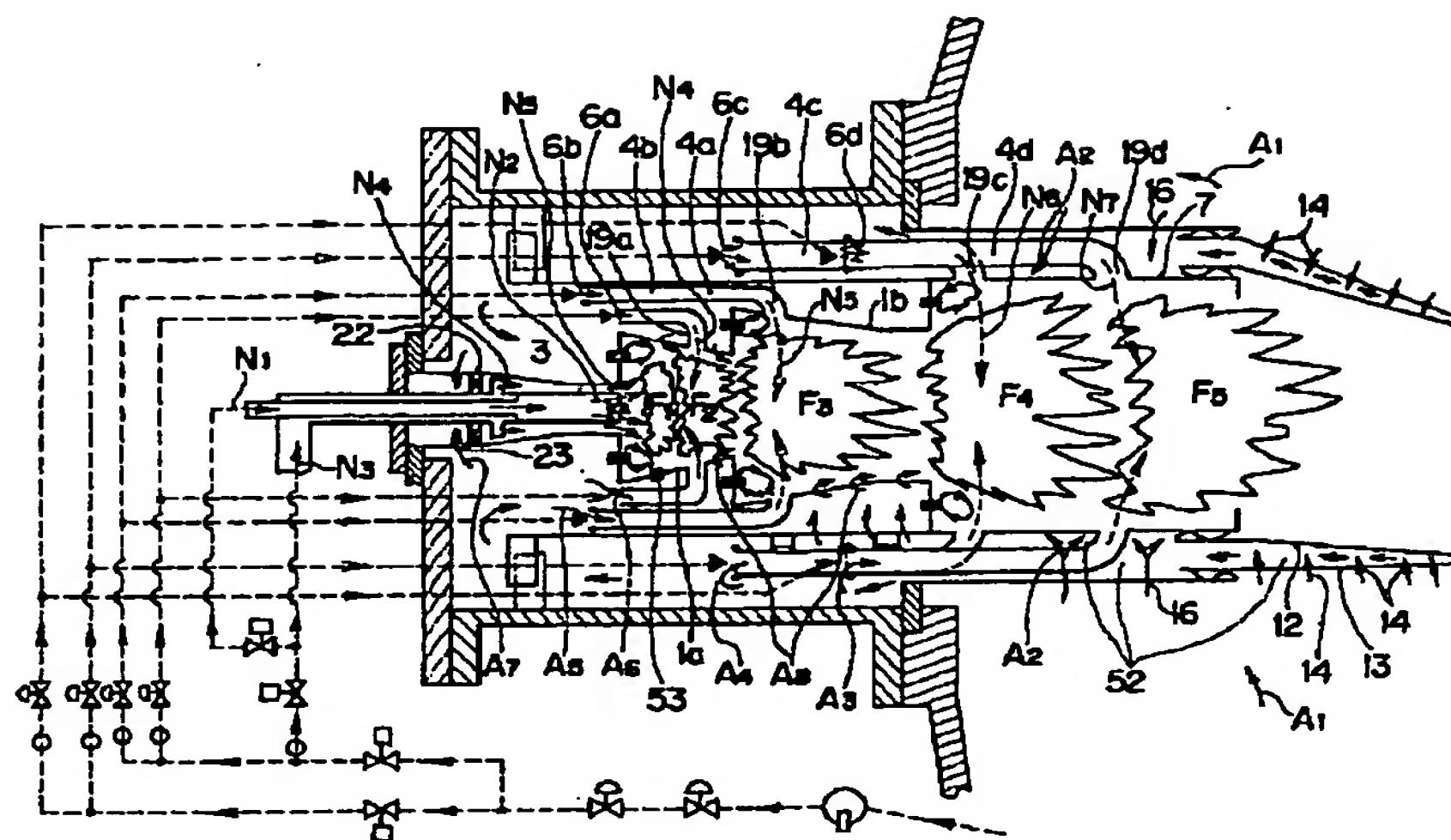
〔圖7〕



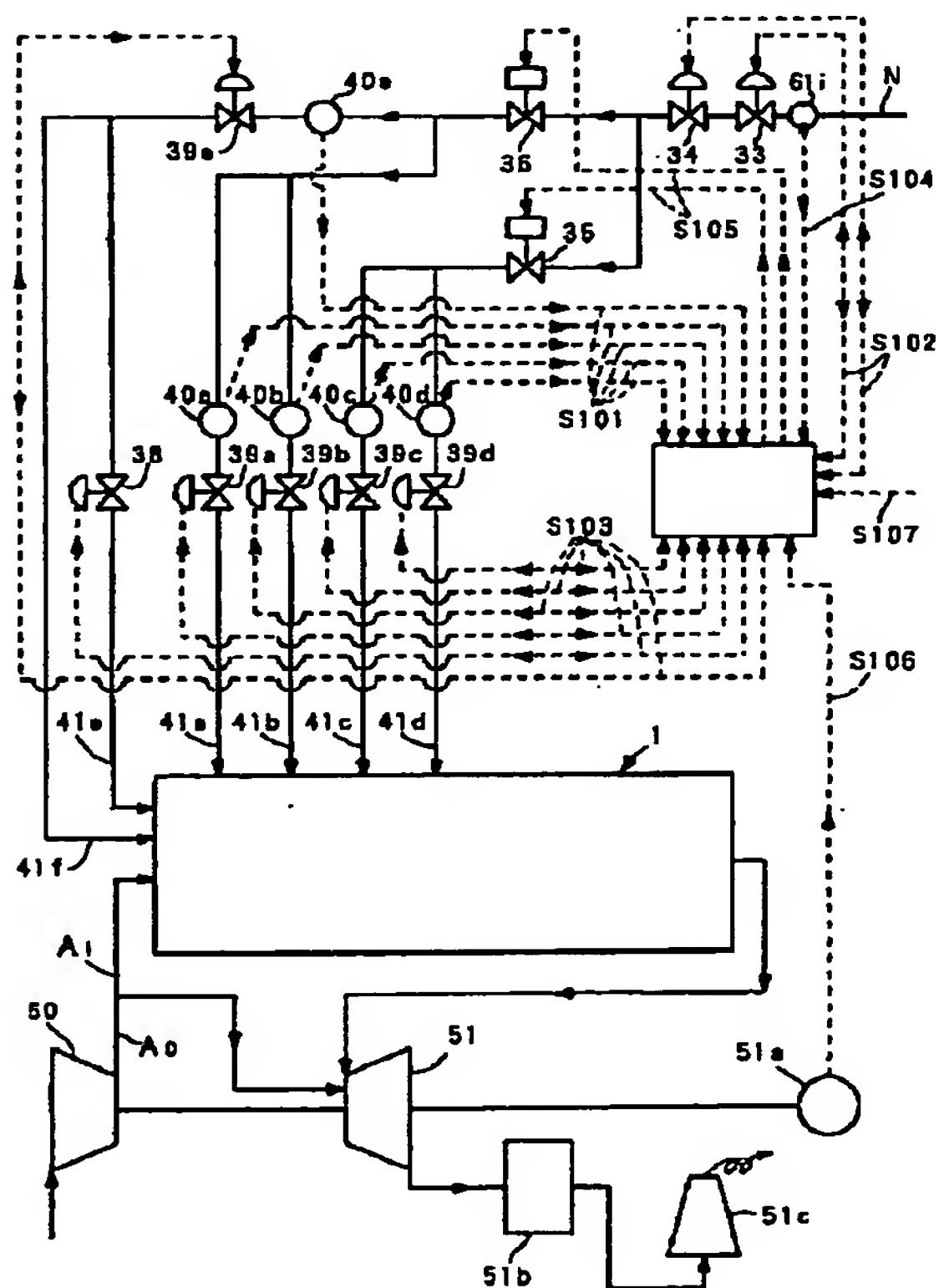
[图 4]



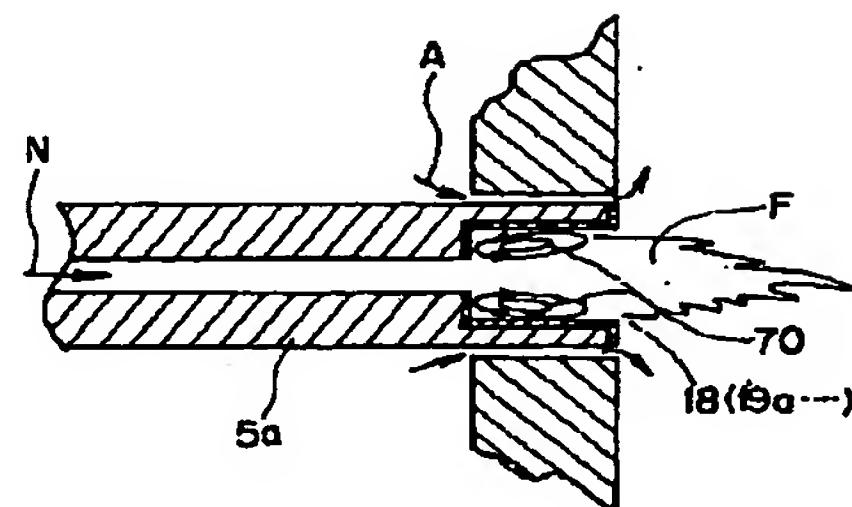
【図3】



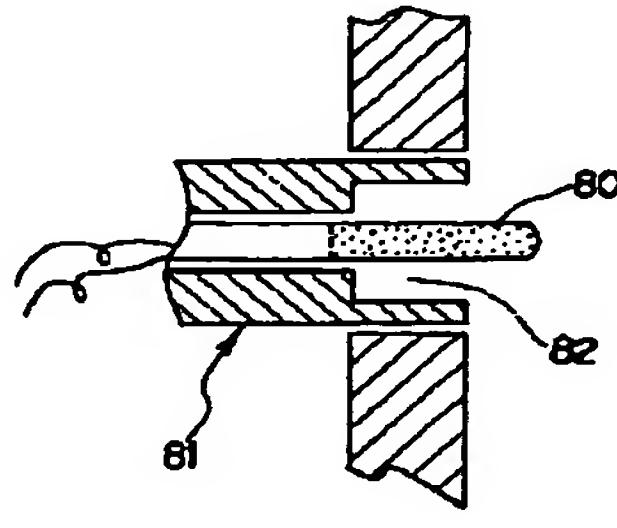
【図5】



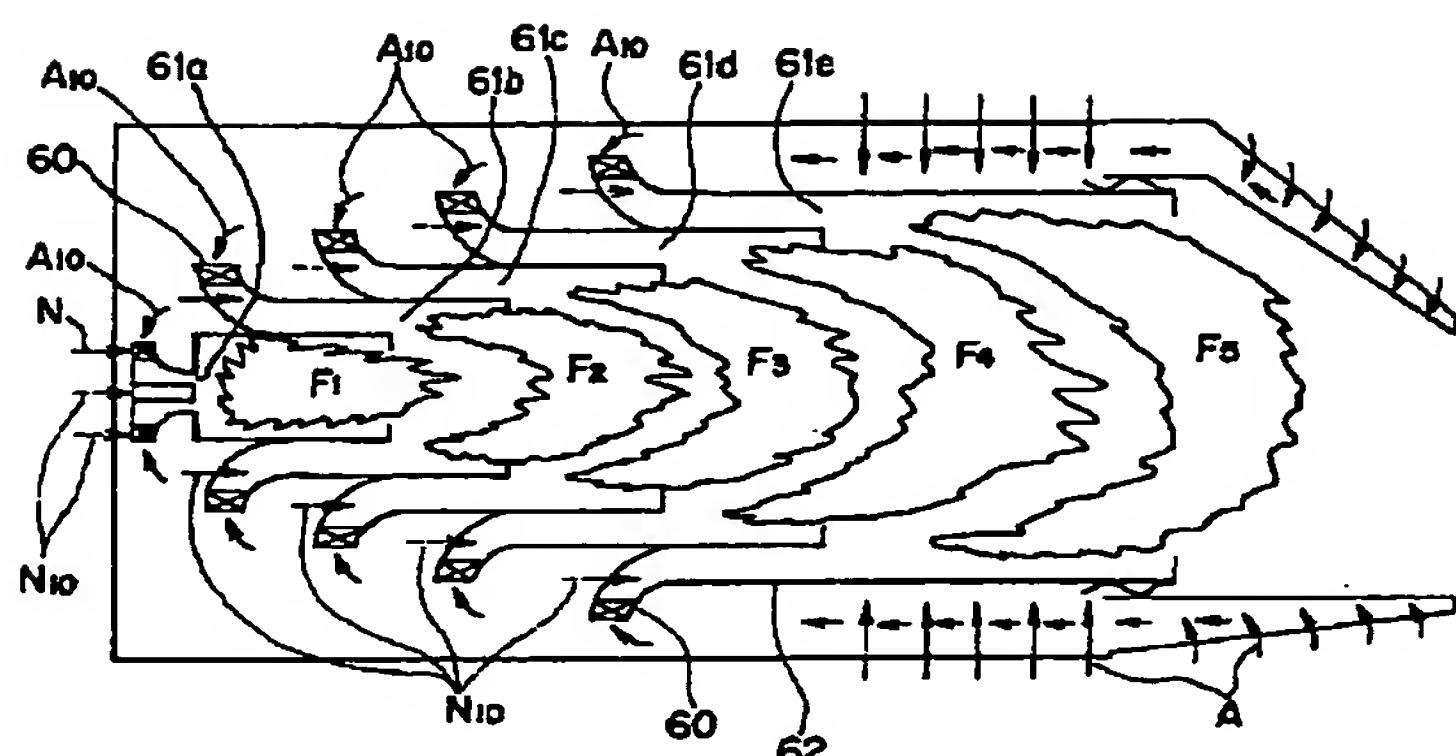
【図8】



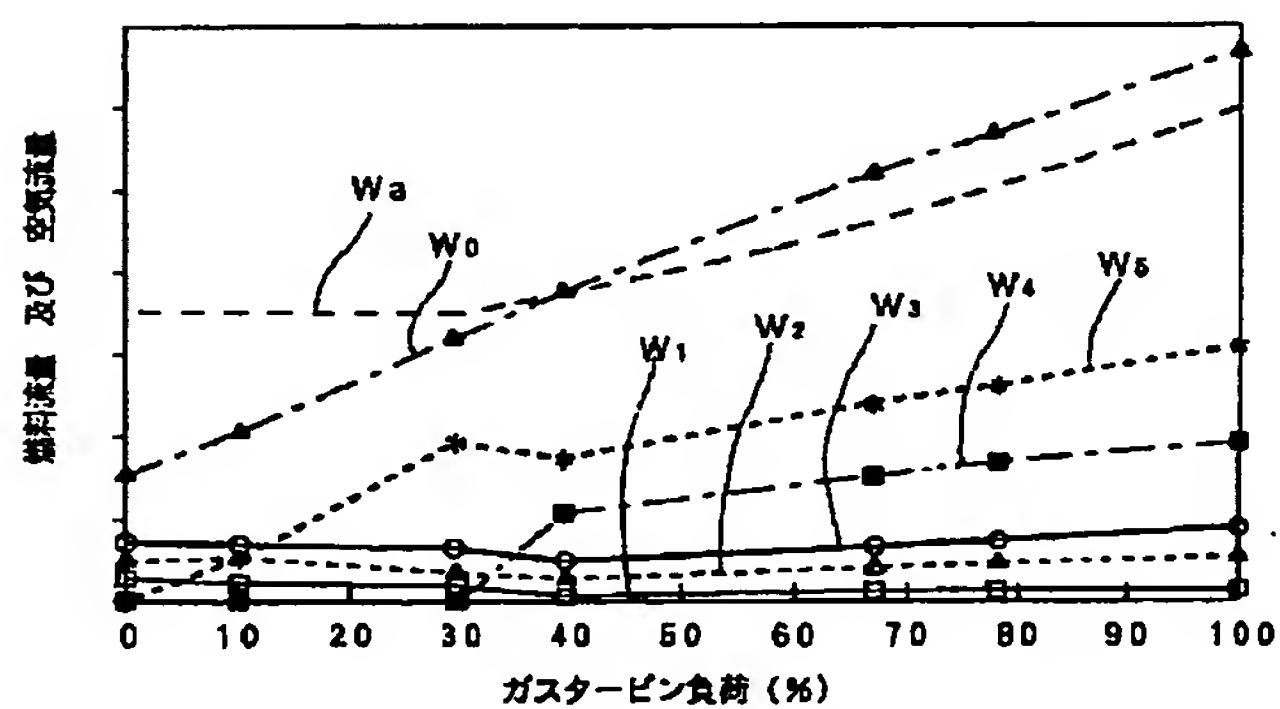
【図9】



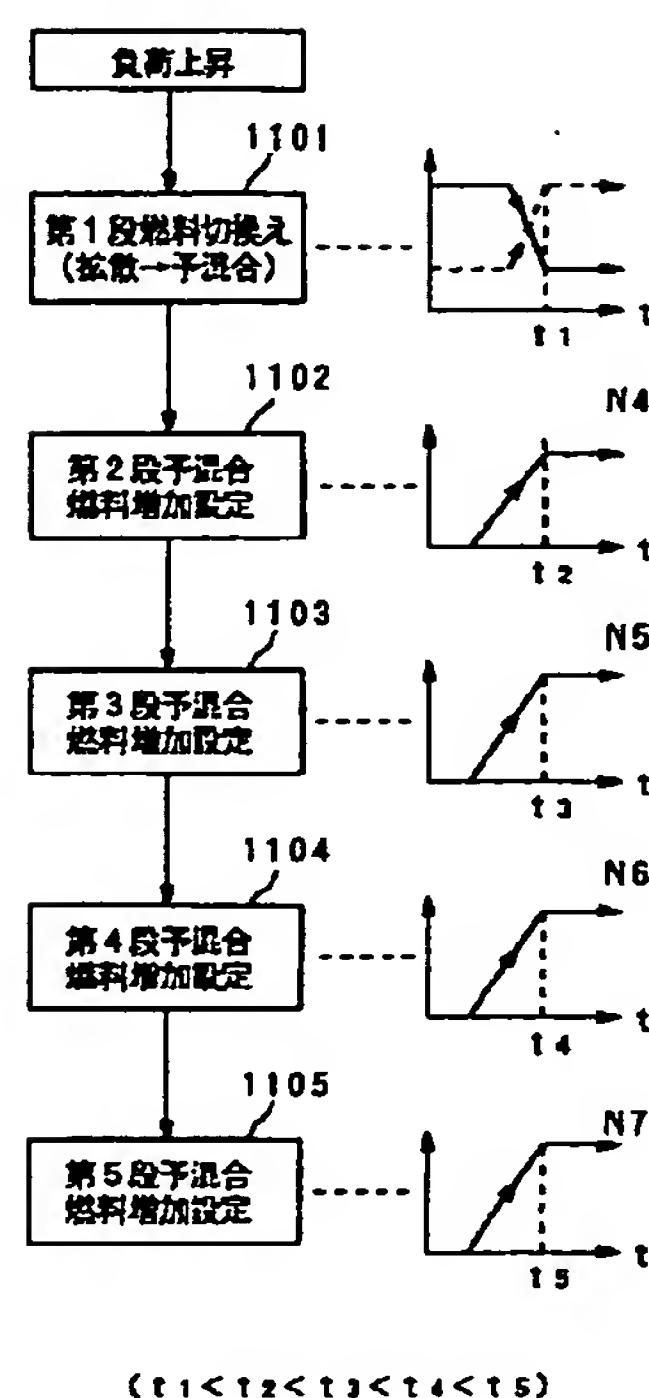
【図6】



【図10】

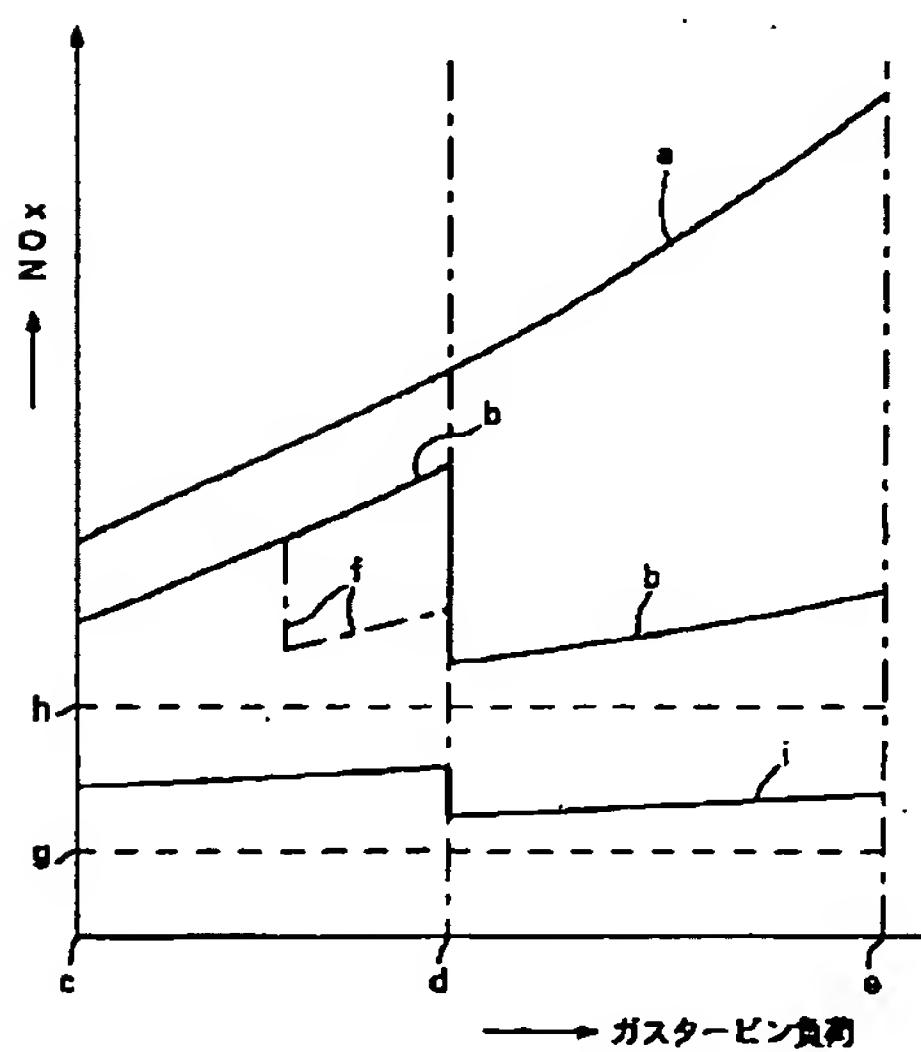


【図11】

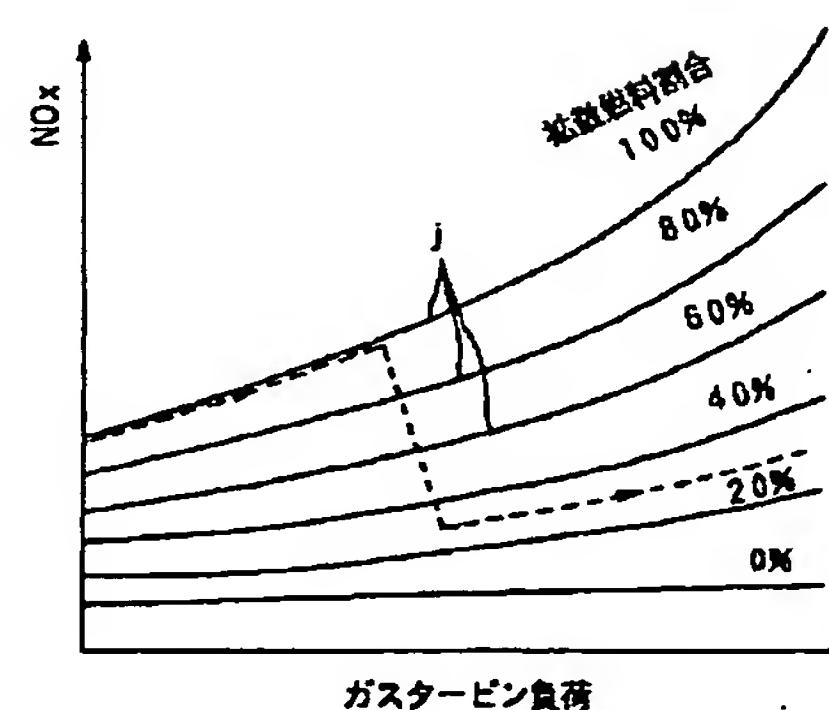


(t<sub>1</sub>< t<sub>2</sub>< t<sub>3</sub>< t<sub>4</sub>< t<sub>5</sub>)

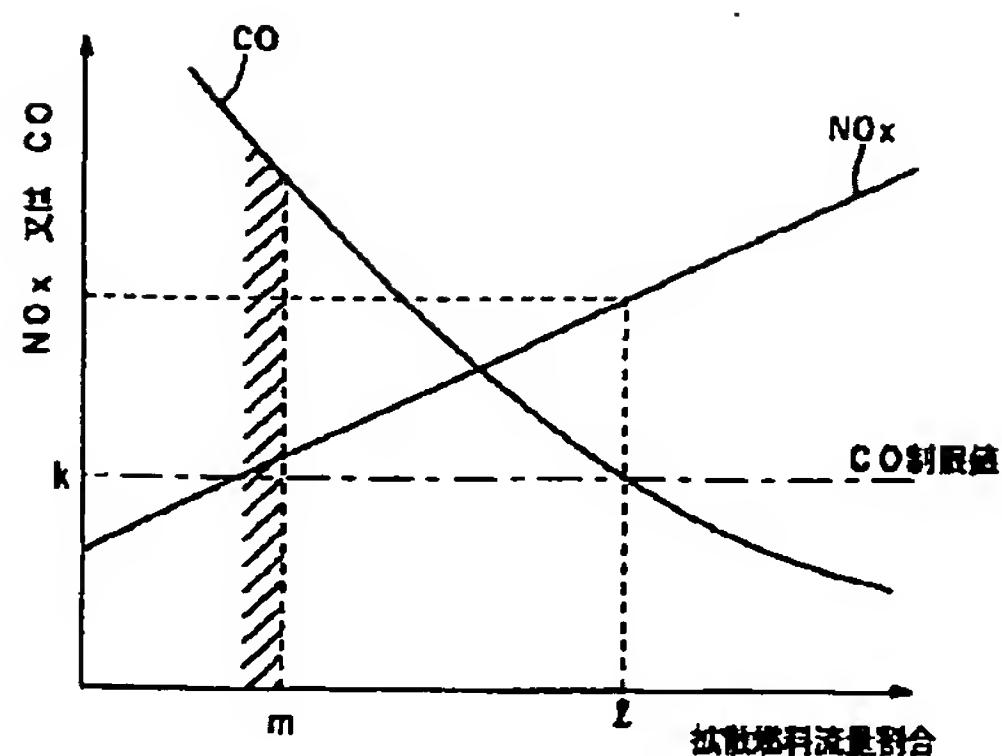
【図12】



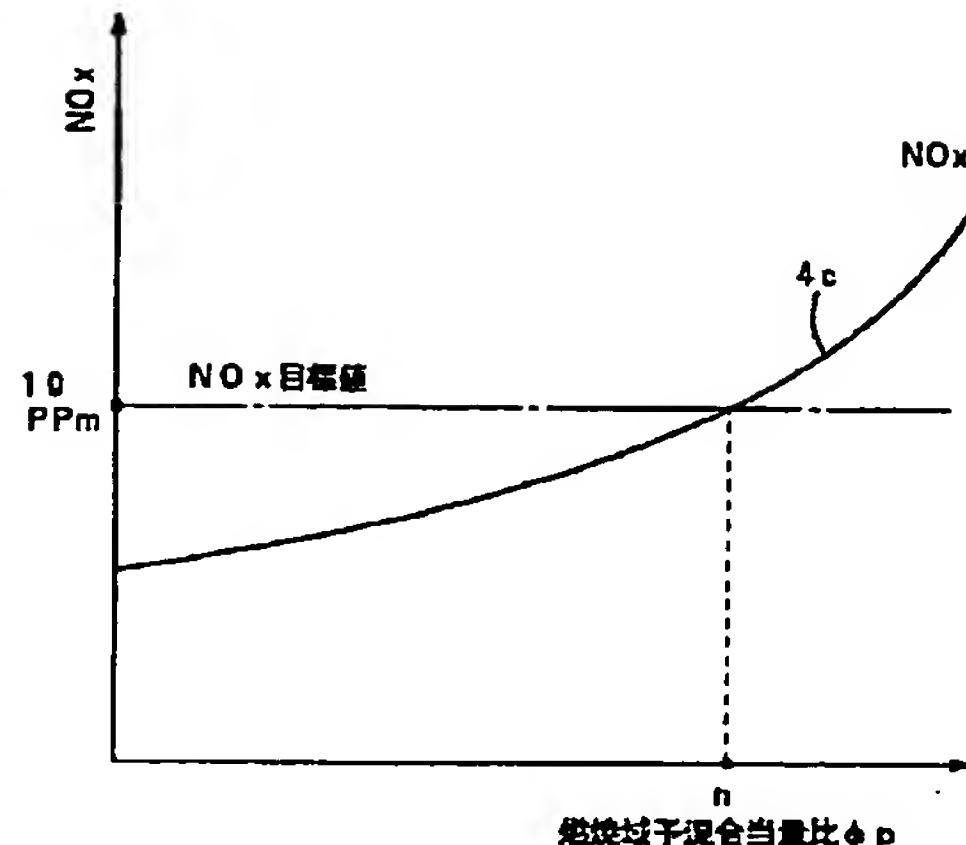
【図13】



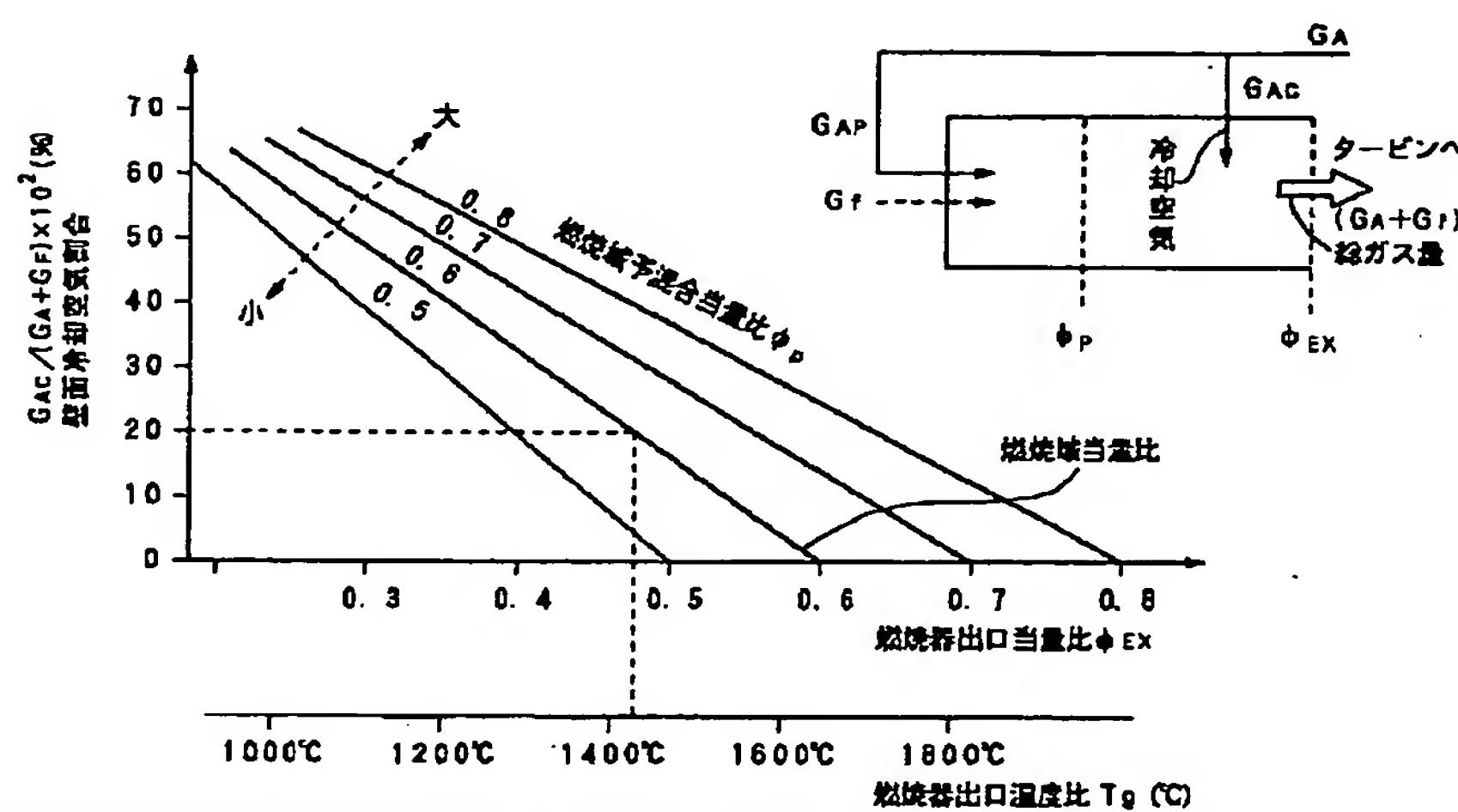
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(51) Int.CI.<sup>6</sup>

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

F 23 R 3/34

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**